

JDS

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 2001-020955

(43)Date of publication of application : 23.01.2001

(51)Int.Cl.

F16C 33/12  
 C25D 3/54  
 C25D 7/10  
 F16C 9/02

(21)Application number : 11-193970

(71)Applicant : TAIHO KOGYO CO LTD  
 TOYOTA MOTOR CORP  
 TOYOTA CENTRAL RES & DEV  
 LAB INC

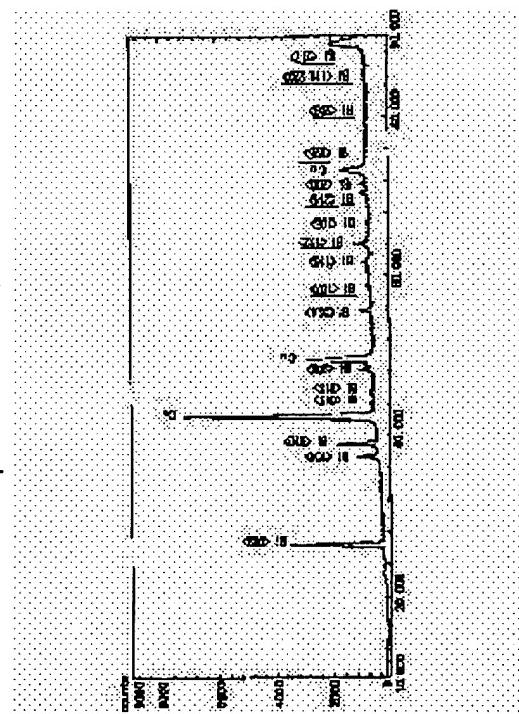
(22)Date of filing : 08.07.1999

(72)Inventor : TOMIKAWA TAKASHI  
 MICHIOKA HIROBUMI  
 FUWA YOSHIO  
 SHIMURA YOSHIO  
 HOTTA SHIGERU

**(54) SLIDING BEARING****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a Bi system material furnished with fatigue resistance and conformability required as an overlay for a sliding bearing of an internal combustion engine.

**SOLUTION:** Relative X-ray diffraction intensity  $I[hkl]$ , that is,  $I[hkl]=K(hkl)/K(012)$  of a ratio  $K(hkl)$  of X-ray diffraction intensity on a  $\{hkl\}$  plane against a ratio  $K(012)$  of X-ray diffraction intensity on a  $\{012\}$  surface satisfies conditions (a) and (b) by expressing a ratio of X-ray diffraction intensity  $R_0/t(hkl)$  of a  $\{hkl\}$  surface of Bi crystal constituting an overlay layer to X-ray diffraction intensity  $R_p(hkl)$  of the  $\{hkl\}$  surface of the Bi crystal constituting a powder standard sample to be random orientation as  $K(hkl)=R_0/t(hkl)/R_p(hkl)$ . (a)  $0.2I[012] \leq [hkl] \leq 5I[012]$ . (b) a plane  $\{hkl\}$  to satisfy  $0.5I[012] \leq I[hkl] \leq 2I[012]$  exists in more than three



AA

**MENU** **SEARCH** **INDEX** **DETAIL** **JAPANESE**

1 / 1

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-020955

(43)Date of publication of application : 23.01.2001

(51)Int.Cl.

F16C 33/12  
C25D 3/54  
C25D 7/10  
F16C 9/02

(21)Application number : 11-193970

(71)Applicant : TAIHO KOGYO CO LTD  
TOYOTA MOTOR CORP  
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC

(22)Date of filing : 08.07.1999

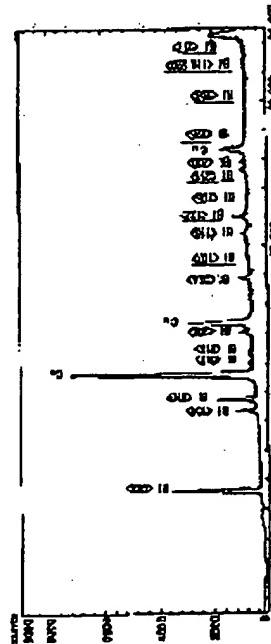
(72)Inventor : TOMIKAWA TAKASHI  
MICHIOKA HIROBUMI  
FUWA YOSHIO  
SHIMURA YOSHIO  
HOTTA SHIGERU

### (54) SLIDING BEARING

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a Bi system material furnished with fatigue resistance and conformability required as an overlay for a sliding bearing of an internal combustion engine.

**SOLUTION:** Relative X-ray diffraction intensity  $I_{(hkl)}$ , that is,  $I_{(hkl)}=K_{(hkl)}/K_{(012)}$  of a ratio  $K_{(hkl)}$  of X-ray diffraction intensity on a  $\{hkl\}$  plane against a ratio  $K_{(012)}$  of X-ray diffraction intensity on a  $\{012\}$  surface satisfies conditions (a) and (b) by expressing a ratio of X-ray diffraction intensity  $R_o/t_{(hkl)}$  of a  $\{hkl\}$  surface of Bi crystal constituting an overlay layer to X-ray diffraction intensity  $R_p_{(hkl)}$  of the  $\{hkl\}$  surface of the Bi crystal constituting a powder standard sample to be random orientation as  $K_{(hkl)}=R_o/t_{(hkl)}/R_p_{(hkl)}$ . (a) 0.21  $[012] \leq [hkl] \leq 5[012]$ . (b) a plane  $\{hkl\}$  to satisfy  $0.5[012] \leq [hkl] \leq 2[012]$  exists in more than three orientations.



**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
  2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
  3. In the drawings, any words are not translated.
- 

**CLAIMS****[Claim(s)]**

[Claim 1] It is the plain bearing in which the overlay layer which consists of Bi or a Bi alloy layer, without minding through a barrier layer on lining was formed. The ratio of X diffraction RO/L (hkl) of the {hkl} side of Bi crystal which constitutes said overlay layer to the X diffraction reinforcement Rp (hkl) of the {hkl} side of Bi crystal which constitutes the powder standard sample used as random orientation on the strength Relative X diffraction on-the-strength [ of the ratio K (hkl) of the X diffraction reinforcement in the {hkl} side / as opposed to / express  $K(hkl) = RO/L(hkl)/Rp(hkl)$ , and / the ratio K of the X diffraction reinforcement in {012} sides (012) ] I [hkl] (012), i.e.,  $I[hkl] = K(hkl)/K$ , The plain bearing characterized by satisfying \*\*\*\*\* conditions (a) and (b).

- (a) The relative X diffraction reinforcement ( $I[hkl]$ ) of the crystal faces other than {012} sides is 0.2 to 5 times ( $0.2I[012] \leq I[hkl] \leq 5I[012]$ ) the  $I[012]$ .
- (b) Three or more bearings (hkl) of fields with which the relative X diffraction reinforcement ( $I[hkl]$ ) of the crystal faces other than {012} sides is satisfied of 0.5 or more time 2 double less or equal ( $0.5I[012] \leq I[hkl] \leq 2I[hkl]$ ) of  $I[012]$  exist.

[Claim 2] The plain bearing according to claim 1 whose Miller indices of the crystal faces other than the aforementioned {012} sides are {104}, {110}, and {202} sides.

[Claim 3] The plain bearing according to claim 2 whose Miller indices of the crystal faces other than the aforementioned {012} sides are {015}, {113}, {116}, {107}, {122}, {214}, and {300} further.

[Claim 4] A plain bearing given [ to claims 1-3 said whose Bi(s) or Bi alloy layers is an electroplating layer ] in any 1 term.

[Claim 5] The plain bearing according to claim 4 characterized by the magnitude of the crystal grain of said Bi or Bi alloy plating being 10 micrometers or less.

[Claim 6] A plain bearing given [ to claims 1-5 whose thickness of said overlay layer is 2-20 micrometers ] in any 1 term.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

[The technical field to which invention belongs] This invention consists of an elasticity alloy-plating layer, without bearing metal minding [ which will be called lining of a kelmet an aluminium alloy, etc. if it states in more detail ] through barrier layers, such as nickel plating, about a plain bearing, and relates to the plain bearing in which the overlay layer which demonstrates concordance nature was formed.

**[0002]**

[Description of the Prior Art] The above-mentioned plain bearing is used mainly for the journal section of an internal combustion engine's crankshaft, and a connecting rod large end, and Pb alloy is mainly used as an elasticity alloy, and Sn alloy is used for the part. About overlay of Pb system alloy, amelioration of one person's presentation to these people (German patent official report No. 3000379), amelioration (JP,8-20893,A) of crystal orientation, etc. have been developed.

**[0003]**

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since Pb is an environmental pollutant, abolition of use or reduction of the amount used is called for. There is development of a direction considered as overlay as a coat which combined TORAIBO ingredients, such as MoS<sub>2</sub>, by resin as development for abolition of Pb use. Moreover, there is a Cu-Ag system alloy which does not need overlay as these one people especially proposed in the Europe patent public presentation official report 0795693A2. By the way, although Bi is a low-melt point point metal like Pb, it is more firmly [ than Pb ] weak. That is, although Pb is Hv 0.2= 5 about a degree of hardness, Bi is Hv 0.2= 10. Under the effect of hydrogen absorption etc., hardness serves as Hv 0.2\*\*20 by Bi to Hv 0.2= 10 with electroplating used abundantly by overlay at Pb. Since it has such a property, conventionally, Bi is used for the core of the solder using a low-melt point point property, or mold, a semiconductor material, an electronic ingredient, material for optical recording (for example, JP,4-51742,A), a magnet ingredient (Mn-Bi magnet), etc., and is not used as a sliding ingredient with which fatigue resistance and concordance nature are demanded. Lessons was taken from the approach this invention person uses Bi as alternate material of Pb since the corrosion resistance in the inside of an acidic solution is superior to Pb and there is no toxicity like Pb, and it inquired wholeheartedly. Namely, the purpose of this invention discovers Bi system ingredient equipped with the fatigue resistance which is needed as overlay, and concordance nature, and aims at offering the plain bearing excellent in the property.

**[0004]**

It is means] in order to solve [technical problem]. By controlling the orientation of Bi crystal, the property in which Bi system overlay was hard and this invention person was weak found out that it was mitigable by extent which does not become a problem, and completed this invention. Namely, this invention is the plain bearing in which the overlay layer which consists of Bi or a Bi alloy layer, without minding through a barrier layer on lining was formed. The ratio of X diffraction RO/L (hkl) of the {hkl} side of Bi crystal of said overlay layer on the strength to the X diffraction reinforcement Rp (hkl) of the {hkl} side of Bi crystal of the powder standard substance used as random orientation It expresses K(hkl)

= $RO/L(hkl)/Rp(hkl)$ .  $I[hkl](012)$ , i.e.,  $I[hkl] = K(hkl)/K$ , the relative X diffraction reinforcement of the ratio  $K(hkl)$  of the X diffraction reinforcement in the  $\{hkl\}$  side over the ratio  $K$  of the X diffraction reinforcement in  $\{012\}$  sides ( $012$ ) the following conditions (a) and (b) The plain bearing characterized by being sufficient is offered.

(a) The relative X diffraction reinforcement ( $I[hkl]$ ) of the crystal faces other than  $\{012\}$  sides is 0.2 to 5 times ( $0.2I[012] \leq I[hkl] \leq 5I[012]$ ) the  $I[012]$ .

(b) Three or more bearings ( $hkl$ ) of fields with which the relative X diffraction reinforcement ( $I[hkl]$ ) of the crystal faces other than  $\{012\}$  sides is satisfied of 0.5 or more time 2 double less or equal ( $0.5I[012] \leq I[hkl] \leq 2I[hkl]$ ) of  $I[012]$  exist.

[0005] Hereafter, the reason for limitation of this invention is explained. Bi is a rhombohedron crystal equivalent to being hexagonal. Generally, hexagonal Miller indices are expressed with 4 figures (h, k, i, l). h, k, and i express the characteristic of  $a_1$ ,  $a_2$ , and  $a_3$  shaft here, respectively, and l expresses the characteristic of a c-axis. However, since the relation of  $h+k-i$  is materialized as Bi crystal, i is omitted and it expresses with 3 figures of ( $hkl$ ). Bi or Bi alloy layer (except explanation of these presentations, it is named "Bi layer" generically) of this invention has the middle orientation of the orientation of perfect random orientation and a specific one direction like a single crystal like detailed powder.

[0006] Moreover, a stacking tendency is evaluated as follows. First, like powder, it asks for the X diffraction reinforcement  $Rp(hkl)$  of Bi crystal each field of perfect random orientation, similarly X diffraction  $RO/L(hkl)$  of Bi crystal each field of overlay on the strength is calculated, and these ratio  $K(hkl) = RO/L(hkl)/Rp(hkl)$  is calculated. Then, if it becomes  $K(hkl) > 1$ , knowledge that the field ( $hkl$ ) of Bi crystal of overlay is carrying out orientation will be acquired. Next, if the lattice plane of Bi crystal which asks for  $K(hkl)$  is made into  $\{012\}$  sides and fields ( $hkl$ ) other than  $\{012\}$  sides and this size is calculated as ratio  $I[hkl] = K(hkl)/K(012)$  Supposing  $I[hkl] \neq 0$  is obtained, it will become  $\{012\}$  single crystals, and if  $I[hkl] \gg 0$  is obtained ( $hkl$ ), knowledge that orientation is strongly carried out to a field will be acquired. Moreover, like a detailed powder sample, since it is  $K(012) = 1$  and  $K(hkl) = 1$  when orientation has not been carried out at random [ Bi crystal ] and completely,  $I[hkl]$  is set to 1 about all ( $hkl$ ) fields. That is, in some the field bearings, when  $I[hkl] = 1$  has field bearing which becomes except one, completely, random orientation does not become, but is carrying out specific orientation and turns into random orientation about an omnidirection for it to be  $I[hkl] = 1$ . In this invention, since a property was not excellent, overlay of the single crystal and perfect random orientation used as  $I[hkl] \neq 0$  was excepted, and it has also excepted the strong orientation to a specific field so that it may state below further.

[0007]  $I[hkl]$  is compared with  $I(012)$  in conditions (a) and (b). On the other hand, if only  $K(hkl)$  estimates orientation by setting up condition  $K(hkl) \geq n$ , for example, it will become difficult to regulate orientation extent of other fields to TORAIBO property top important  $\{012\}$  side. So, on conditions (a),  $0.2I[012] \leq I[hkl] \leq 5I[012]$  and reinforcement are restricted to the fixed range on the basis of  $\{012\}$  sides. On the other hand,  $I[hkl] < 0.2$  The orientation of fields other than  $\{012\}$  sides becomes it strong that it is  $I[012]$ , and the orientation of  $\{012\}$  sides becomes it strong that it is  $I[hkl] > 5I[012]$ , and the engine performance as overlay is excellent in neither of the cases. It is  $0.5I[012] \leq I[hkl] \leq 2I[012]$ , and when at least Mikata specifies the number of field bearing which carries out priority orientation by the reinforcement of 2 double less or equal 0.5 or more times to  $I[012]$  like the (b) conditions in addition to the above-mentioned (a) conditions as the above, he is trying to control preferably the orientation where more than is as superfluous as Mikata besides  $\{012\}$  sides. Thus, by satisfying (a) and (b), the brittleness which is also as that of Bi is conquerable.

[0008] The field which regulates the diffraction reinforcement by the X-ray per bearing of Bi crystal layer formed by electroplating which plating conditions were changed and formed them can control the brittleness and hardness of Bi crystal nearly completely by considering as the third page,  $\{104\}$ ,  $\{110\}$ , and  $\{202\}$ . Here, since X diffraction reinforcement is high compared with other fields,  $\{104\}$ ,  $\{110\}$ , and  $\{202\}$  sides are controllable by making this third page applicable to regulation. Therefore, it asks for  $I[hkl]$  about  $\{104\}$ ,  $\{110\}$ , and  $\{202\}$ , and is made to satisfy the relational expression of the above (a) and (b).

[0009] In almost all cases, a desired property can be acquired by regulating X diffraction reinforcement per above-mentioned third page bearing, but a desired property can be acquired much more certainly by satisfying the above-mentioned relational expression (a) and (b) also about {015}, {113}, {202}, {107}, {116}, {122}, {214}, and {300}.

[0010] As for the crystal grain of Bi plating, it is desirable that it is 10 micrometers or less, and it is 5 micrometers or less more preferably. If crystal grain exceeds 10 micrometers, fatigue resistance falls and it is not desirable as overlay. Moreover, the thickness of overlay is 2-20 micrometers preferably, and is 5-12 micrometers more preferably.

[0011] Overlay may be Bi alloy, and if an alloy element is carried out, it can make Sn, In, Sb, etc. contain 5 or less % of the weight in a total amount in this invention. Although these addition components are well-known as an addition component of Pb system overlay, in Bi system alloy, it contributes to concordance nature and the improvement in an antiseizure property. However, if it adds 5% of the weight or more, a low-melt point point will be formed and the engine performance will fall. Cu system or aluminum system plain bearing alloy, and nickel barrier are well-known in itself, and especially this invention cannot restrain it and can adopt a wide range thing.

[0012] In order to control orientation as mentioned above, it is desirable to adopt the following Bi electroplating conditions, for example.

\*\* methansulfonic acid bath A bath presentation: -- methansulfonic acid; -- 1. 50-250ml / Whenever [ 50-250ml // 1. / and beta-naphthol:0.5-50g //1. / bath temperature ] Methansulfonic acid bismuth : 25 degree-C current density:0.5-5.0 A/dm<sup>2</sup>\*\* methansulfonic acid \*\* B bath presentation:methansulfonic acid;50-200ml/l., Whenever [ 50-250ml // 1. / and polyoxyethylene nonylphenyl ether:0.5-50g //1. / bath temperature ] Methansulfonic acid bismuth : 25 degree-C current density:0.5-5.0 A/dm<sup>2</sup>\*\* sulfuric-acid \*\*\*\* presentation:sulfuric-acid;50-120ml/l., Bismuth nitrate: Two or less :25 degree-C current density:0.5 - 5.0 A/dm and an example explain this invention in more detail whenever [ 5-30g //, polyoxyethylene nonylphenyl ether:0.5-50g/l. / 1. /, and bath temperature ].

[0013]

[Example] The plain bearing prepared in the example explained below is the thing of the following structures.

Back plate: Steel plate (1mm in SPCC, thickness)

Plain bearing: Cu-Sn-Ag alloy (Europe patent public presentation official report 0795693AL)

nickel barrier: Pure Bi with an overlay:thickness of 6 micrometers which is not used [0014] The test condition was as follows.

Testing machine: Reciprocation load test machine (refer to drawing 1 )

Sliding velocity : 6.6m (refer to 3000rpm and drawing 2 )/second

Bearing pressure: Load gradual increase (refer to drawing 2 )

bearing dimension: -- phi42 mmxw17mm shaft quality-of-the-material: -- S55C (hardening)

lubricating oil kind: -- 7.5W-30SE oil supply temperature: -- 120-degree-C test time: -- 25h [0015] In drawing 1 which shows a reciprocation load test machine, the bearing to which 1 holds trial bearing and 2 holds a shaft 4, the shaft a connecting rod and whose 4 are partner shafts as for 3, and 4a are oil supply ways. In addition, it equipped with the trial bearing 1 and a shaft 4 so that it might become per piece. In this trial, fatigue occurs that early concordance nature is poor, and even if initial concordance nature is good, a judgment result that the material property of the overlay [ itself ] results in printing easily with it being poor can be obtained.

[0016] I [hkl] which carried out the X diffraction (Cuk alpha rays) of Bi plating layer and Bi powder of examples 1-3 and the examples 4-6 of a comparison, and asked for them is shown in drawing 3 (Table 1). Therefore, the diffraction reinforcement of a field equivalent (024) to a field (012) is shown by the ratio to the former. In this case, although set to I[024]=I [012] at a crystallography target, the diffraction reinforcement of a high order Miller-indices side is I[024]<=I [012] under the effect of the penetration depth of an X-ray etc. for tending to appear low etc. The following is known when the result of Table 1 is examined bearing these facts in mind.

(b) The example of an example or a comparison is not perfect random bearing, either, and is not a single

crystal, either.

(b) Although bearing {104} is carrying out orientation of the example 5 of a comparison to 5.22 strongly, it does not have such strong orientation in the examples 1-3.

(c) In the example 4 of a comparison, since I [104], I [113], I [202], I [116], I [122], and I [214] are very small, the orientation of {012} is strong relatively. Although I [104] and I [300] are over 5 times to I [012] in the example 5 of a comparison, the reinforcement of other fields is low and priority orientation of this plating layer is carried out to two field bearings, {104} and {300}.

(d) Examples 1-3 have satisfied the above-mentioned conditions (a) and (b). That is, since the orientation to a specific field is not very strong, (a) is satisfied, the number of the priority orientation sides by (b) is also still as more suitable as three or more, and it turns out that only the field of specific bearing has not carried out priority orientation. In addition, although the reinforcement of {012} (012}) is calculated as 1 in Table 1, the same result is obtained even if it calculates reinforcement [ being equivalent (024) ] as 1.

[0017] The plating surface organization of an example 1 was shown in drawing 4, the X diffraction Fig. (drawing before the conversion on the basis of powder reinforcement) was shown in drawing 5, and the plating surface organization of the example 4 of a comparison was shown in drawing 6, and the X diffraction Fig. (drawing before the conversion on the basis of powder reinforcement) was shown in drawing 7, and the plating surface organization of the example 6 of a comparison was shown in drawing 8. For the example 1, 2.8 micrometers and the example 4 of a comparison were [ 5.8 micrometers and the example 6 of a comparison of the diameter of crystal grain of a plating layer ] 10.6 micrometers. The result of a trial is shown in drawing 3 (Table 1) and drawing 9. In addition, the example of a comparison of Pb system overlay (Sn10% and In10% of example is shown) in ordinary use is shown in drawing 9 as criteria of fatigue incidence-rate evaluation. The examples 1-3 of this invention excel the examples 4-6 of a comparison in fatigue resistance and an antiseizure property, and it is clearer than these drawings that its it is the engine performance equivalent to Pb system overlay.

[0018]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, Bi is used as overlay, and substituting for the conventional Pb system overlay is expected.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
  2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
  3. In the drawings, any words are not translated.
- 

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram of a reciprocation load test machine.

[Drawing 2] It is the graph which shows the test pattern of a reciprocation load test machine.

[Drawing 3] It is the graph (Table 1) showing the test result of the mirror indices of crystal plane of the plating layer in an example and the example of a comparison, the diameter of crystal grain, and a bearing test specimen.

[Drawing 4] It is the photograph in which the plating surface organization of an example 1 is shown.

[Drawing 5] It is the X diffraction image of the plating layer of an example 1.

[Drawing 6] It is the photograph in which the plating surface organization of the example 4 of a comparison is shown.

[Drawing 7] It is the X diffraction image of the plating layer of the example 4 of a comparison.

[Drawing 8] It is the photograph in which the plating surface organization of the example 6 of a comparison is shown.

[Drawing 9] It is the graph which shows the fatigue incidence rate of an example and the example of a comparison.

---

[Translation done.]

AA

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-20955

(P2001-20955A)

(43)公開日 平成13年1月23日(2001.1.23)

(51) Int.Cl.  
F 16 C 33/12  
C 25 D 3/54  
7/10  
F 16 C 9/02

識別記号

F I  
F 16 C 33/12  
C 25 D 3/54  
7/10  
F 16 C 9/02

データード(参考)  
Z 3 J 0 1 1  
3 J 0 3 3  
4 K 0 2 3  
4 K 0 2 4

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平11-193970

(22)出願日

平成11年7月8日(1999.7.8)

(71)出願人 000207791

大豊工業株式会社  
愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社  
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(74)代理人 100077528

弁理士 村井 卓雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 すべり軸受

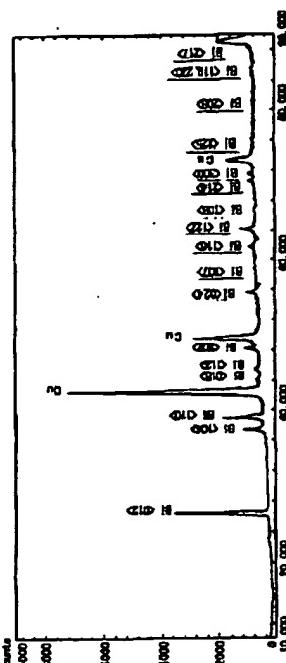
(57)【要約】

【課題】 内燃機関のすべり軸受用オーバレイとして必要になる耐疲労性及びなじみ性を備えたB i系材料を提供する。

【解決手段】 ランダム配向となる粉末標準試料を構成するB i結晶の{h k l}面のX線回折強度R p(h k l)に対するオーバレイ層を構成するB i結晶の{h k l}面のX線回折強度R o/L(h k l)の比率を、K(h k l)=R o/L(h k l)/R p(h k l)を表わし、{0 1 2}面でのX線回折強度の比率K(0 1 2)に対する{h k l}面でのX線回折強度の比率K(h k l)の相対X線回折強度I<sub>{h k l}</sub>、すなわちI<sub>{h k l}</sub>=K(h k l)/K(0 1 2)、が条件(a)および(b)を充足する。

(a) 0.2 I<sub>{0 1 2}</sub> ≤ I<sub>{h k l}</sub> ≤ 5 I<sub>{0 1 2}</sub>である。

(b) 0.5 I<sub>{0 1 2}</sub> ≤ I<sub>{h k l}</sub> ≤ 2 I<sub>{h k l}</sub>を満足する面(h k l)が3方位以上存在する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ライニング上にバリア層を介し又は介さずにBi又はBi合金層よりなるオーバレイ層を形成したすべり軸受であって、

ランダム配向となる粉末標準試料を構成するBi結晶の{hk1}面のX線回折強度Rp(hk1)に対する前記オーバレイ層を構成するBi結晶の{hk1}面のX線回折強度R0/L(hk1)の比率を、K(hk1)=R0/L(hk1)/Rp(hk1)と表わし、{012}面でのX線回折強度の比率K(012)に対する{hk1}面でのX線回折強度の比率K(hk1)の相対X線回折強度I(hk1)、すなわちI(hk1)=K(hk1)/K(012)、が下記条件(a)および(b)を充足することを特徴とするすべり軸受。

(a) {012}面以外の結晶面の相対X線回折強度(I<sub>{hk1}</sub>)がI<sub>{012}</sub>の0.2~5倍(0.2I<sub>{012}</sub>)≤I<sub>{hk1}</sub>≤5I<sub>{012}</sub>)である。

(b) {012}面以外の結晶面の相対X線回折強度(I<sub>{hk1}</sub>)がI<sub>{012}</sub>の0.5倍以上2倍以下(0.5I<sub>{012}</sub>≤I<sub>{hk1}</sub>≤2I<sub>{012}</sub>)を満足する面(hk1)が3方位以上存在する。

【請求項2】 前記{012}面以外の結晶面のミラー指数が{104}、{110}及び{202}面である請求項1記載のすべり軸受。

【請求項3】 前記{012}面以外の結晶面のミラー指数がさらに{015}、{113}、{116}、{107}、{122}、{214}及び{300}である請求項2記載のすべり軸受。

【請求項4】 前記Bi又はBi合金層が電気めっき層である請求項1から3までの何れか1項記載のすべり軸受。

【請求項5】 前記Bi又はBi合金めっきの結晶粒の大きさが10μm以下であることと特徴とする請求項4記載のすべり軸受。

【請求項6】 前記オーバレイ層の厚さが2~20μmである請求項1から5までの何れか1項記載のすべり軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、すべり軸受に関するものであり、さらに詳しく述べるならばケルメットやアルミニウム合金などのライニングと称される軸受合金層に、Niめっきなどのバリア層を介しましたは介さずに軟質合金めっき層よりなり、なじみ性を發揮するオーバレイ層を形成したすべり軸受に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】上記したすべり軸受は主として内燃機関のクランクシャフトのジャーナル部、コンロッド大端部に使用され、また軟質合金として主としてPb合金が使用され、一部にはSn合金が使用されている。Pb系合

金のオーバレイについては、本出願人の一名が組成の改良(ドイツ特許公報3000379号)や結晶配向の改良(特開平8-20893号)などの開発をして来た。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】Pbは環境汚染物質であるので、使用の廃止あるいは使用量の削減が求められている。Pb使用の廃止のための開発としてはMoS<sub>2</sub>などのトライボ材料を樹脂で結合した皮膜としてオーバレイとする方向の開発がある。また、本出願人の一名が欧州特許公開公報0795693A2で提案したように特にオーバレイを必要としないCu-Ag系合金がある。ところでBiはPbと同様に低融点金属であるが、Pbより硬くかつ脆い。すなわち硬度に関してはPbはHv<sub>0.2</sub>=5であるが、BiはHv<sub>0.2</sub>=10である。オーバレイで多用される電気めっきでは水素吸蔵等の影響で、硬さはPbでHv<sub>0.2</sub>=10に対してBiではHv<sub>0.2</sub>=20となる。このような性質をもつためにBiは、従来、低融点性質を利用したはんだ合金や鏡型の中子、半導体材料、電子材料、光記録材料(例えば特開平4-51742号)、磁石材料(Mn-Bi磁石)などに使用されており、耐疲労性やなじみ性が要求される駆動材料としては使用されていない。本発明者は、Biは酸性溶液中での耐食性はPbよりすぐれており、またPbのように毒性がないために、Pbの代替材料として使用する方法につき鋭意研究を行った。すなわち、本発明の目的は、オーバレイとして必要になる耐疲労性及びなじみ性を備えたBi系材料を発見し、特性がすぐれたすべり軸受を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するために手段】本発明者はBi系オーバレイの硬くかつ脆いという性質はBi結晶の配向を制御することにより問題にならない程度までに軽減できることを見出して、本発明を完成した。すなわち、本発明は、ライニング上にバリア層を介し又は介さずにBi又はBi合金層よりなるオーバレイ層を形成したすべり軸受であって、ランダム配向となる粉末標準試料のBi結晶の{hk1}面のX線回折強度Rp(hk1)に対する前記オーバレイ層のBi結晶の{hk1}面のX線回折強度R0/L(hk1)の比率を、K(hk1)=R0/L(hk1)/Rp(hk1)と表わし、{012}面でのX線回折強度の比率K(012)に対する{hk1}面でのX線回折強度の比率K(hk1)の相対X線回折強度をI(hk1)、すなわちI(hk1)=K(hk1)/K(012)が下記条件(a)および(b)を充足することを特徴とするすべり軸受を提供するものである。

(a) {012}面以外の結晶面の相対X線回折強度(I<sub>{hk1}</sub>)がI<sub>{012}</sub>の0.2~5倍(0.2I<sub>{012}</sub>)≤I<sub>{hk1}</sub>≤5I<sub>{012}</sub>)である。

(b) {012}面以外の結晶面の相対X線回折強度(I<sub>{hk1}</sub>)がI<sub>{012}</sub>の0.5倍以上2倍以下(0.5I<sub>{012}</sub>≤I<sub>{hk1}</sub>≤2I<sub>{012}</sub>)を満足する面(hk1)が3方位以上存在する。

$I_{(012)} \leq I_{(hkl)} \leq 2I_{(hkl)}$  を満足する面 ( $h k l$ ) が 3 方位以上存在する。

【0005】以下、本発明の限定理由を説明する。Bi は六方晶と等価な菱面体結晶である。一般に、六方晶のミラー指數は ( $h, k, i, l$ ) の 4 けたで表される。ここで  $h, k, i$  はそれぞれ  $a_1, a_2, a_3$  軸の指數を表わし、 $i$  は  $c$  軸の指數を表わす。但し  $h+k=-i$  の関係が Bi 結晶では成立するので、 $i$  を省略し、( $h k l$ ) の 3 けたで表わす。本発明の Bi もしくは Bi 合金層 (これらの組成の説明以外では「Bi 層」と総称する) は、微細粉末のように完全ランダム配向と単結晶のような特定の一方向の配向の中間の配向を有する。

【0006】また、配向性は次のように評価する。まず粉末のように、完全ランダム配向の Bi 結晶各面の X 線回折強度  $R_p(hkl)$  を求め、同じくオーバレイの Bi 結晶各面の X 線回折強度  $R_{0/L}(hkl)$  を求め、これらの比率  $K(hkl) = R_{0/L}(hkl) / R_p(hkl)$  を計算する。すると  $K(hkl) > 1$  ならばオーバレイの Bi 結晶の ( $hkl$ ) 面が配向しているとの知見が得られる。次に  $K(hkl)$  を求める Bi 結晶の格子面を  $(012)$  面と、 $(012)$  面以外の ( $hkl$ ) 面とし、この大小を比率  $I_{(hkl)} = K(hkl) / K(012)$  として計算すると、仮に  $I_{(hkl)} \equiv 0$  が得られたならば  $(012)$  単結晶となり、 $I_{(hkl)} >> 0$  が得られたならば ( $hkl$ ) 面に強く配向しているとの知見が得られる。また、微細粉末試料のように、Bi 結晶がランダムであり完全に配向していない場合は  $K(012) = 1$ 、 $K(hkl) = 1$  であるので、すべての ( $h k l$ ) 面に関し  $I_{(hkl)}$  が 1 になる。すなわち、幾つかの面方位では  $I_{(hkl)} = 1$  でも 1 以外となる面方位のある場合は完全にランダム配向とはならず、特定の配向をしており、全方位について  $I_{(hkl)} = 1$  であるとランダム配向になる。本発明では  $I_{(hkl)} \equiv 0$  となる単結晶と完全ランダム配向のオーバレイは特性がすぐれないで除外し、さらに以下述べるように特定面への強い配向も除外している。

【0007】条件 (a)、(b) において  $I_{(hkl)}$  と  $I_{(012)}$  を比較している。これに対し、例えば条件  $K(hkl) \geq n$  を設定することによって、 $K(hkl)$  のみで配向を評価すると、トライボ特性上重要な  $(012)$  面に対して他の面の配向程度を規制することが難しくなる。そこで、条件 (a) では、 $0.2I_{(012)} \leq I_{(hkl)} \leq 5I_{(012)}$  と強度を  $(012)$  面を基準として一定範囲に制限する。これに対して  $I_{(hkl)} < 0.2I_{(012)}$  であると  $(012)$  面以外の面の配向が強くなり、また  $I_{(hkl)} > 5I_{(012)}$  であると  $(012)$  面の配向が強くなり、何れの場合でもオーバレイとしての性能はすぐれない。好ましくは、 $0.5I_{(012)} \leq I_{(hkl)} \leq 2I_{(012)}$  であり、上記 (a) 条件に加えて (b) 条件のように  $I_{(hkl)}$  に対して  $0.5$  倍以上  $2$  倍以下の強度で優先配向

する面方位の個数を三方方位以上と規定することにより  $(012)$  面以外にも三方方位以上の過剰な配向を抑制するようにしている。このように (a) および (b) を充足することによって、Bi のもつてゐる脆さを克服することができる。

【0008】めっき条件を変化させて形成した電気めっきで形成される Bi 結晶層の方位につき X 線による回折強度を規制する面は、 $(104)$ 、 $(110)$  及び  $(202)$  の三面とすることにより、ほぼ完全に Bi 結晶の脆さ及び硬さを制御することができる。ここで、 $(104)$ 、 $(110)$  及び  $(202)$  面は、他の面に比べ X 線回折強度が高いのでこの三面を規制対象とすることで制御できる。したがって  $I_{(hkl)}$  は  $(104)$ 、 $(110)$  及び  $(202)$  について求め上記 (a) および (b) の関係式を満足するようとする。

【0009】上記の三面方位につき X 線回折強度を規制することにより、ほとんどの場合所望の性質を得ることができるが、 $(015)$ 、 $(113)$ 、 $(202)$ 、 $(107)$ 、 $(116)$ 、 $(122)$ 、 $(214)$ 、 $(300)$  についても上記関係式 (a)、(b) を満足することにより一層確実に所望の性質を得ることができる。

【0010】Bi めっきの結晶粒は  $10 \mu\text{m}$  以下であることが好ましく、より好ましくは  $5 \mu\text{m}$  以下である。結晶粒が  $10 \mu\text{m}$  を超えると耐疲労性が低下し、オーバレイとして好ましくない。またオーバレイの厚さは好ましくは  $2 \sim 20 \mu\text{m}$  であり、より好ましくは  $5 \sim 12 \mu\text{m}$  である。

【0011】本発明においては、オーバレイは Bi 合金であってもよく、合金元素としては Sn, In, Sbなどを総量で 5 重量% 以下含有させることができる。これらの添加成分は Pb 系オーバレイの添加成分として公知であるが、Bi 系合金においてはなじみ性と耐焼付性向上に寄与する。但し、5 重量% 以上添加すると低融点化し、性能が低下する。Cu 系もしくは Al 系すべり軸受合金や Ni バリアはそれ自身公知であり、本発明は特にそれを制約するものではなく広範囲のものを採用することができる。

【0012】上記のように配向を制御するためには、例えば以下のようない Bi 電気めっき条件を採用することが好ましい。

#### ①メタンスルホン酸浴 A

浴組成：メタンスルホン酸：50～250m1/リットル、メタンスルホン酸ビスマス：50～250m1/リットル、β-ナフトール：0.5～50g/リットル  
浴温度：25°C

電流密度：0.5～5.0A/dm<sup>2</sup>

#### ②メタンスルホン酸浴 B

浴組成：メタンスルホン酸：50～200m1/リットル、メタンスルホン酸ビスマス：50～250m1/リ

ットル、ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル：0.5～50g／リットル

浴温度：25°C

電流密度：0.5～5.0A/dm<sup>2</sup>

### ③硫酸浴

浴組成：硫酸；50～120ml／リットル、硝酸ビスマス：5～30g／リットル、ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル：0.5～50g／リットル、

浴温度：25°C

電流密度：0.5～5.0A/dm<sup>2</sup>

以下、実施例により本発明をさらに詳しく説明する。

#### 【0013】

【実施例】以下説明する実施例において調製したすべり軸受は以下の構造のものである。

裏金：鋼板（SPCC、厚さ1mm）

すべり軸受：Cu-Sn-Ag合金（欧州特許公開公報0795693AL）

Niパリア：使用しない

オーバレイ：厚さ6μmの純Bi

【0014】試験条件は以下のとおりであった。

試験機：往復動荷重試験機（図1参照）

滑り速度：6.6m/秒（3000rpm、図2参照）

軸受面圧：荷重漸増（図2参照）

軸受寸法：Φ42mm×W17mm

軸材質：S55C（焼入れ）

潤滑油種：7.5W-30SE

給油温度：120°C

試験時間：25h

【0015】往復動荷重試験機を示す図1において、1は試験軸受、2はシャフト4を保持する軸受、3はコネクティングロッド、4は相手軸であるシャフト、4aは給油路である。なお、試験軸受1とシャフト4は片当たりとなるように装着した。この試験では、初期のなじみ性が不良であると疲労が発生し、また初期なじみ性が良好でもオーバレイ自体の材料特性が不良であると容易に焼付に至るとの判定結果を得ることができる。

【0016】実施例1～3及び比較例4～6のBiめっき層及びBi粉末をX線回折（CuKα線）して求めたI<sub>[hk1]</sub>を図3（表1）に示す。したがって、(012)面と等価な(024)面の回折強度は前者に対する比率で示されている。この場合結晶学的にはI<sub>[024]</sub>=I<sub>[012]</sub>となるが、X線の侵入深さ等の影響で高次のミラー指数组合の回折強度は低く現れる傾向がある等のためにI<sub>[024]</sub>≤I<sub>[012]</sub>となっている。これらの事実を念頭において、表1の結果を検討すると次のようなことができる。

(イ) 実施例も比較例も完全ランダム方位ではなく、単結晶でもない。

(ロ) 比較例5は(104)方位が5.22と強く配向しているが、実施例1～3ではこのような強い配向はない。

い。

(ハ) 比較例4ではI<sub>[104]</sub>、I<sub>[113]</sub>、I<sub>[202]</sub>、I<sub>[116]</sub>、I<sub>[122]</sub>、及びI<sub>[214]</sub>が非常に小さくなっているために、(012)の配向が相対的に強くなっている。比較例5ではI<sub>[104]</sub>とI<sub>[300]</sub>がI<sub>[012]</sub>に対して5倍を超えており、他の面の強度は低く、このめっき層は(104)と(300)の二つの面方位に優先配向している。

(ニ) 実施例1～3は上記条件(a)および(b)を満足している。すなわち、特定の面への配向が非常に強くないので(a)が充足され、さらに(b)による優先配向面の数も3以上と適切であり、特定方位の面だけが優先配向していないことが分かる。なお、表1では(012)のうち(012)の強度を1として計算しているが、等価な(024)の強度を1として計算しても同様の結果が得られる。

【0017】実施例1のめっき表面組織を図4に、X線回折図（粉末強度を基準とする換算前の図）を図5に示し、また比較例4のめっき表面組織を図6に、X線回折図（粉末強度を基準とする換算前の図）を図7に示し、また比較例6のめっき表面組織を図8に示した。めっき層の結晶粒径は実施例1が2.8μm、比較例4が5.8μm、比較例6が10.6μmであった。試験の結果を図3（表1）及び図9に示す。なお、疲労発生率評価の基準として常用のPb系オーバレイ（Sn10%，In10%の例を示す）の比較例を図9に示す。これらの図より本発明の実施例1～3は比較例4～6より耐疲労性及び耐焼付性がすぐれしており、Pb系オーバレイと同等の性能であることが明らかである。

#### 【0018】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によるとBiをオーバレイとして使用し、従来のPb系オーバレイを代替することが期待される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 往復動荷重試験機の模式図である。

【図2】 往復動荷重試験機の試験パターンを示すグラフである。

【図3】 実施例及び比較例におけるめっき層のミラーフェース指数、結晶粒径及び軸受供試材の試験結果を示す図表（表1）である。

【図4】 実施例1のめっき表面組織を示す写真である。

【図5】 実施例1のめっき層のX線回折像である。

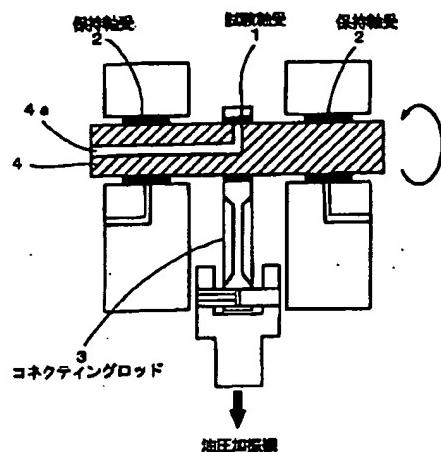
【図6】 比較例4のめっき表面組織を示す写真である。

【図7】 比較例4のめっき層のX線回折像である。

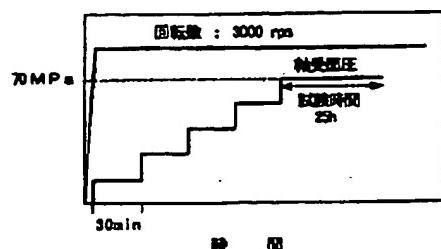
【図8】 比較例6のめっき表面組織を示す写真である。

【図9】 実施例及び比較例の疲労発生率を示すグラフである。

【図1】



【図2】

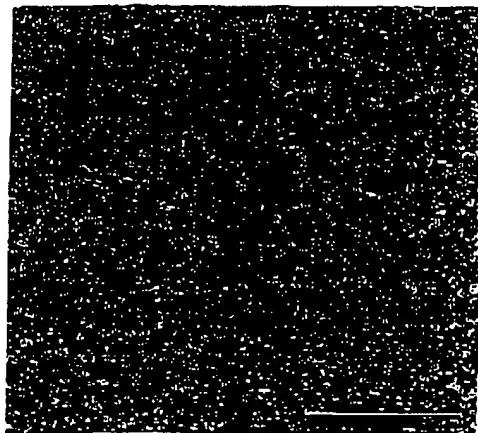


【図6】

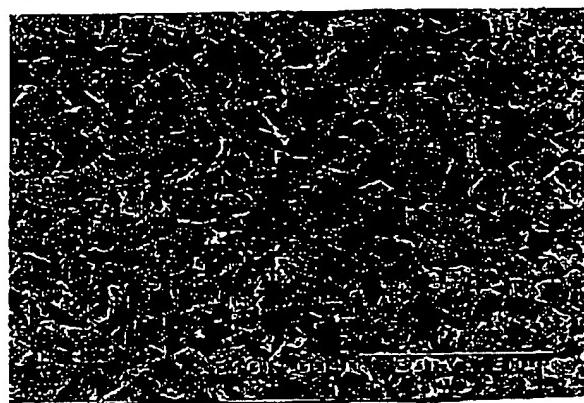
### めっき表面組織

【図4】

### めっき表面組織

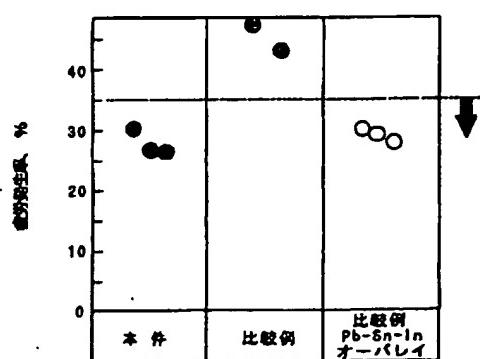


2.8  $\mu\text{m}$



5.8  $\mu\text{m}$

【図9】

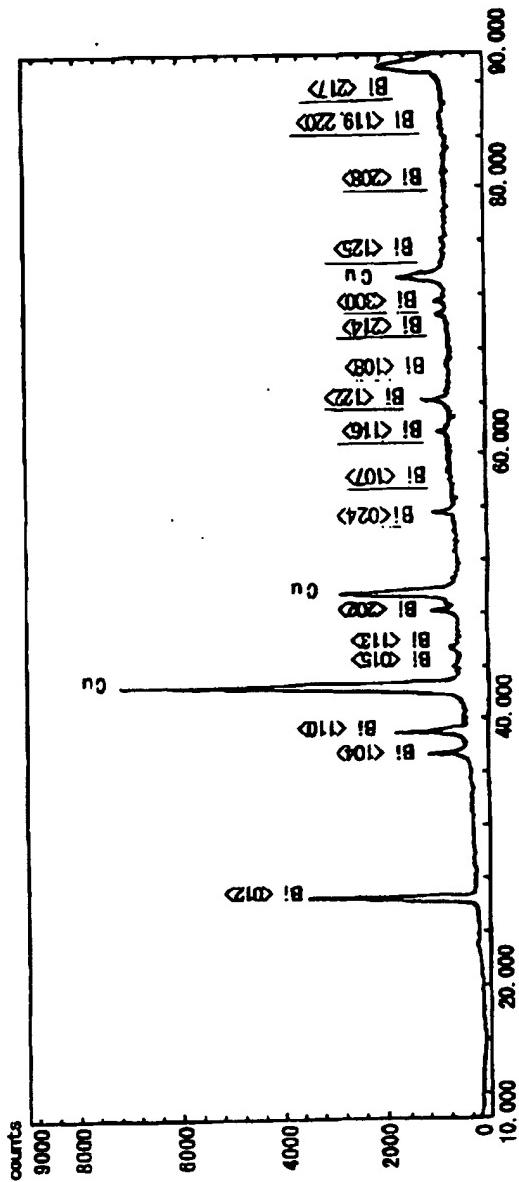


(6) 開2001-20955 (P2001-209几)

〔図3〕

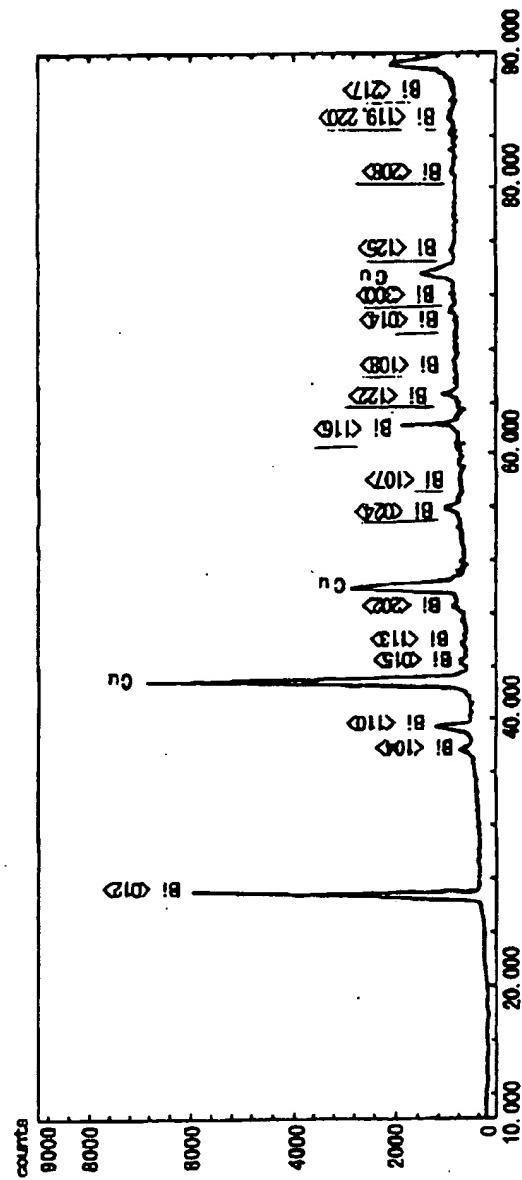
各ミラー面の配向指數												結晶粒 μm	疲労発生率 %	焼付け面圧 MPa	
	012	104	110	016	113	202	024	107	116	122	214	300			
実施例	1	1.00	0.42	0.84	0.71	0.57	0.65	0.83	0.33	0.45	0.56	0.23	0.67	2.8	25.4
	2	1.00	0.75	1.25	2.05	0.63	1.01	0.86	1.34	0.82	0.42	0.54	0.48	9.8	26.1
	3	1.00	0.82	2.25	4.64	0.54	0.90	0.92	1.01	0.76	0.21	0.64	0.33	4.7	30.2
比較例	4	1.00	0.10	0.22	0.45	0.15	0.11	0.97	0.83	0.07	0.07	0.15	0.64	5.8	48.1
	5	1.00	5.22	0.59	2.18	0.21	0.15	1.01	1.06	0.23	0.12	0.64	9.74	2.7	43.2
	6	1.00	0.22	0.28	0.33	0.36	0.33	0.86	0.67	0.23	0.29	0.41	0.23	10.6	34.8

(图5)



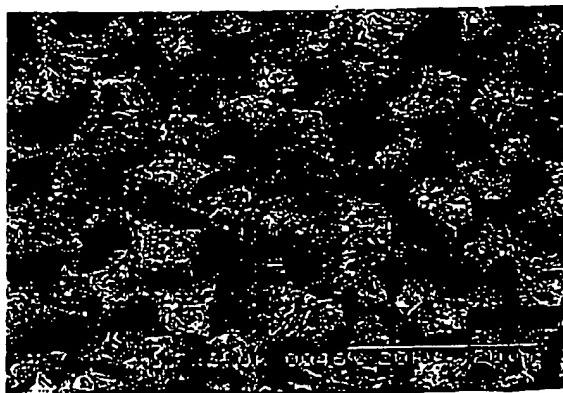
(7) 開2001-20955 (P2001-209JL

〔図7〕



【図8】

めつき表面組織



10.6  $\mu\text{m}$

---

フロントページの続き

(72) 発明者 富川 貴志  
愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地 大豊工  
業株式会社内

(72) 発明者 道岡 博文  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72) 発明者 不破 良雄  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72) 発明者 志村 好男  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 堀田 滋  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 3J011 QA03 SB03 SB20  
3J033 AA02 GA07  
4K023 AA22 AB49 BA29 CB13 CB33  
DA07 DA08  
4K024 AA01 AA14 AB01 AB02 BA06  
BA09 BB05 CA01 CA04 CA06  
GA16